

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-320894  
(43)Date of publication of application : 08.12.1995

(51)Int.Cl.

H05H 1/46  
C23C 16/50  
C23F 4/00  
H01L 21/205

(21)Application number : 06-108416

(22)Date of filing : 23.05.1994

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

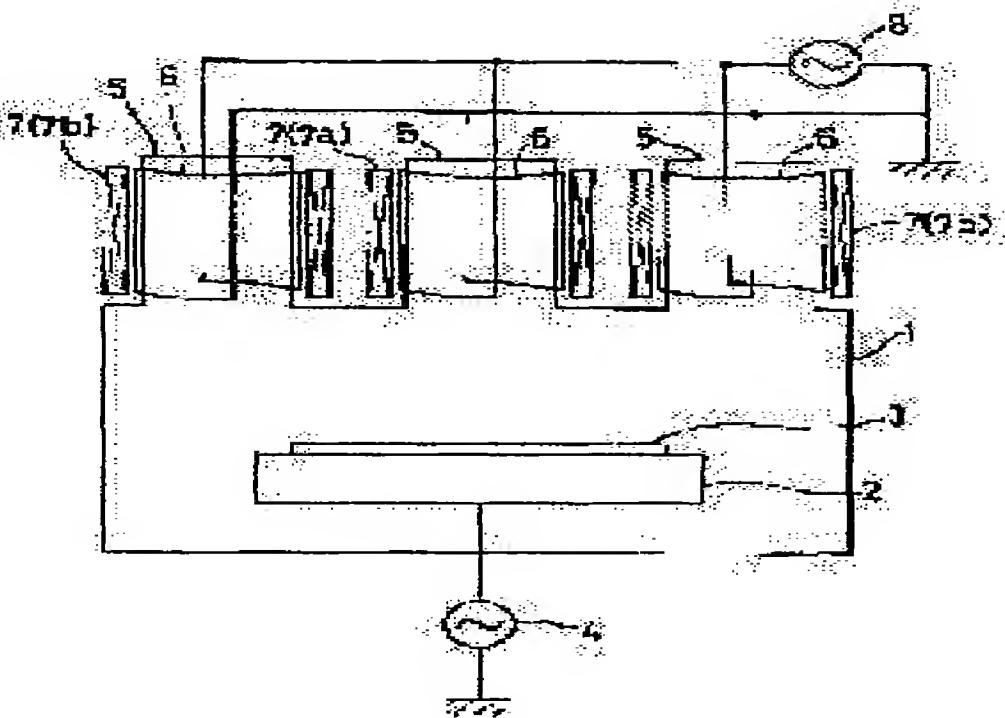
(72)Inventor : OKUMURA TOMOHIRO  
NAKAYAMA ICHIRO

## (54) HELICON WAVE PLASMA PROCESSING METHOD AND DEVICE THEREFOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a helicon wave plasma processing method and a compact device therefor having the capability of generating high density plasma even in relatively high vacuum, giving less damages and easily coping even with a large substrate.

**CONSTITUTION:** An electrode 2 for placing substrate 3 thereon is laid in a vacuum vessel 1, and a plurality of discharge tubes 5 are arranged on the wall of the vessel 1 faced to the substrate 3. Furthermore, a helicon antenna 6 and a static magnetic field generation coil 7 are provided around each of the discharge tubes 5. Then, regarding a plurality of the coils 7, a high-frequency antenna power supply 8 is provided for causing direct current to flow to each of the coils 7a and 7b, so that the direction of static magnetic field generated with at least one coil 7a is opposite to the direction of the static magnetic field generated with the other coil 7b.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
 H 05 H 1/46  
 C 23 C 16/50  
 C 23 F 4/00  
 H 01 L 21/205

識別記号 A 9216-2G  
 G 8417-4K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

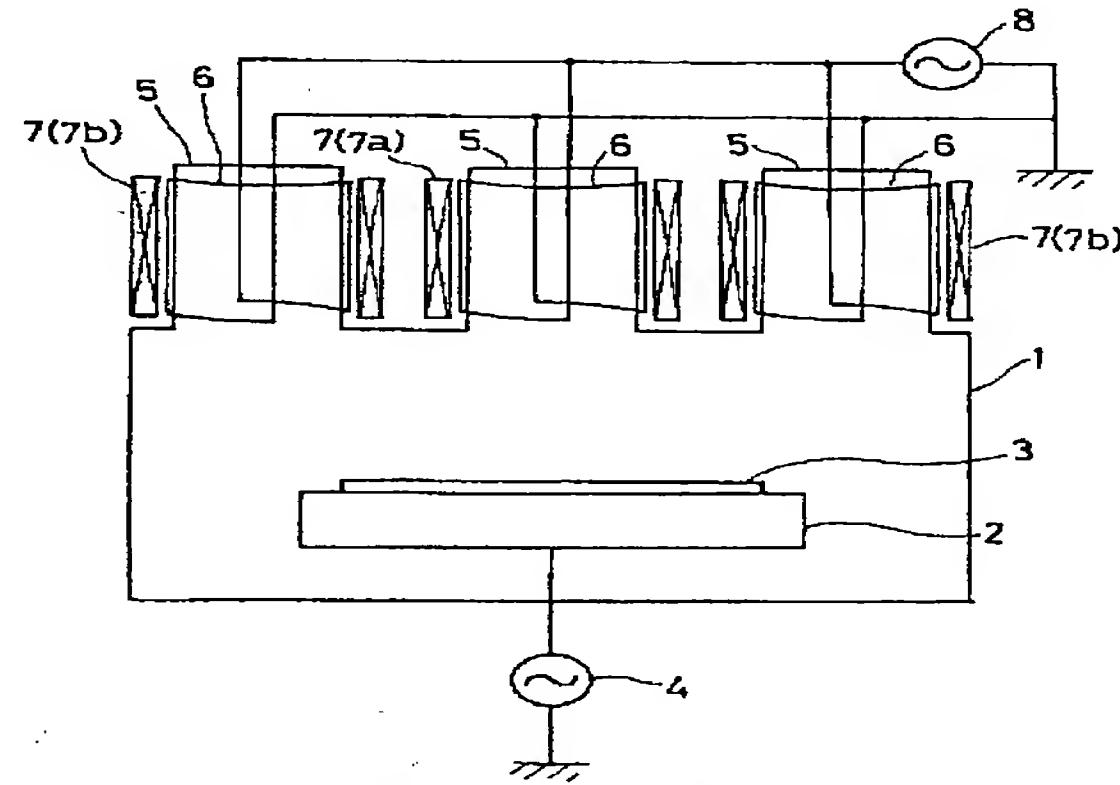
(21)出願番号	特願平6-108416	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22)出願日	平成6年(1994)5月23日	(72)発明者	奥村 智洋 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(72)発明者	中山 一郎 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 石原 勝

## (54)【発明の名称】ヘリコン波プラズマ処理方法及び装置

## (57)【要約】

【目的】比較的高真空においても高密度プラズマを発生することができ、また低ダメージでかつ大型基板にも容易に対応できるコンパクトなヘリコン波プラズマ処理方法及び装置を提供する。

【構成】真空容器1内に基板3を載置する電極2を配設し、真空容器1の基板3に対向する壁面に複数の放電管5を配設し、各放電管5の周囲にヘリコンアンテナ6及び静磁界発生用コイル7を設け、複数の静磁界発生用コイル7の内少なくとも1つのコイル7aにより発生する静磁界の向きが他のコイル7bより発生する静磁界の向きと逆向きになるように各静磁界発生用コイル7a、7bに直流電流を流すアンテナ用高周波電源8を設けた。



1…真空容器 5…放電管  
 2…電極 6…ヘリコンコイル  
 3…基板 7…静磁界発生用コイル  
 4…基板用高周波電源 8…アンテナ用高周波電源

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器内の電極上に基板を載置し、真空容器内の基板と対向する壁面の近傍に閉じ込められた静磁界を形成した状態で高周波電磁界を印加してヘリコン波プラズマを形成し、基板を処理することを特徴とするヘリコン波プラズマ処理方法。

【請求項2】 真空容器内の電極上に基板を載置し、真空容器に基板と対向するように配設された放電管とその周囲のヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルにてヘリコン波プラズマを発生させて基板を処理するヘリコン波プラズマ処理方法において、複数の放電管とその周囲のヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを用い、複数の静磁界発生用コイルの内少なくとも1つのコイルにより発生される静磁界の向きを他のコイルにより発生される静磁界の向きと逆向きにすることを特徴とするヘリコン波プラズマ処理方法。

【請求項3】 真空容器内に基板を載置する電極を配設し、真空容器の基板に対向する壁面に複数の放電管を配設し、各放電管の周囲にヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを設け、複数の静磁界発生用コイルの内少なくとも1つのコイルにより発生する静磁界の向きを他のコイルより発生する静磁界の向きと逆向きにしたことを特徴とするヘリコン波プラズマ処理装置。

【請求項4】 基板を載置する電極に高周波電圧を印加する手段を設けたことを特徴とする請求項3記載のヘリコン波プラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ドライエッチング、スパッタリング、プラズマCVD等のプラズマ処理方法及び装置に関し、特に比較的高真空において高密度プラズマを発生させることができるヘリコン波プラズマ処理方法及び装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、半導体素子の微細化に対応して、ドライエッチング技術においては高アスペクト比の加工等を実現するために、またプラズマCVD技術においては高アスペクト比の埋め込み等を実現するために、より高真空でプラズマ処理を行うことが求められている。

【0003】 例えば、ドライエッチングの場合においては、高真空において高密度プラズマを発生させると、基板表面に形成されるイオンシース中でイオンが中性ガス粒子と衝突する確率が少なくなるために、イオンの方向性が基板に向かって揃い、また電離度が高いために基板に到着するイオン対中性ラジカルの入射粒子束の比が大きくなる。このことから、高真空において高密度プラズマを発生することによってエッチング異方性が高められ、高アスペクト比の加工が可能となる。

【0004】 また、プラズマCVDの場合においては、高真空において高密度プラズマを発生させると、イオン

によるスパッタリング効果によって微細パターンの埋め込み・平坦化作用が得られ、高アスペクト比の埋め込みが可能になる。

【0005】 従来の一般的な平行平板型のプラズマ処理装置の構成を、図3を参照して説明する。図3において、真空容器11内に基板13を載置する下部電極12と上部電極14とを配設し、これら電極12、14間に高周波電源15にて高周波電圧を印加することによって真空容器11内にプラズマを発生させるように構成されている。

【0006】 この方式では、真空中が高くなるにつれてイオン密度が急激に減少するため、高真空において高密度プラズマを発生することが難しく、十分な処理速度を得られない。

【0007】 この平行平板型のプラズマ処理装置に対して、高真空において高密度プラズマを発生させることができるとする装置の一つとして、マイクロ波による電界とソレノイドコイルによる静磁界によって電子のサイクロトロン運動を起こすECR方式のプラズマ処理装置が知られている。

【0008】 図4にこのECRプラズマ処理装置の構成を示す。図4において、真空容器21内に適当なガスを導入しつつ排気を行い、放電管25内を適当な圧力を保ちながら、マイクロ波発生装置26で発生したマイクロ波を導波管27を介して放電管25の内部に入射するとともに、放電管25の外側に設けられた静磁界発生用コイル28に直流電流を流すことによって放電管22の内部に静磁界を発生させる。すると、マイクロ波電界と静磁界の相互作用によって、放電管25内の電子に対して電子サイクロトロン運動が励起されてプラズマが発生する。なお、電極22は電極用高周波電源24に接続されており、基板23へ入射するイオンのエネルギーを制御することができるようになっている。

【0009】 このECR方式は、マイクロ波発生装置26及び導波管27などが高価であるため、高コストであるという問題がある。

【0010】 また、ECR方式に比して低コストの構成でかつ弱い磁界でも高真空において高密度なプラズマを発生させる方法として、ヘリコン波方式が最近注目されている。ヘリコン波プラズマ処理装置については、A. J. Perry et al., "The application of helicon source top plasma processing", J. Vac. Sci. Technol. B9(2), May/Apr., 1991に詳しい。

【0011】 図5にこのヘリコン波プラズマ処理装置の構成を示す。図5において、真空容器31内に適当なガスを導入しつつ排気を行い、放電管35内を適当な圧力に保ちながら、高周波電源38により高周波電圧をヘリコンアンテナ36に印加するとともに、ヘリコンアンテナ

ナ36の外側に設けられた静磁界発生用コイル37に直流電流を流すことによって放電管35の内部に静磁界を発生させる。このとき、プラズマ中を磁力線に沿って伝搬する右回り円偏波、すなわちヘリコン波が励起され、この電磁波動のランダウ減衰により電子にエネルギーが供給され、プラズマが維持される。なお、電極32は電極用高周波電源34に接続されており、基板33へ入射するイオンのエネルギーを制御することができるようになっている。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図4、図5に示した従来の方式では、基板に作り込まれるデバイス内部の薄い絶縁膜、例えばMOSトランジスタのゲート酸化膜に対して絶縁破壊を生じ易く、所謂チャージアップダメージが生じ易いという問題がある。というのは、ECR方式も、ヘリコン波方式も、共に静磁界を用いているが、その磁界は基板に到達しておりかつその静磁界を完全に均一にすることは極めて困難であるため、基板に到達している静磁界が不均一となり、そのため電子電流とイオン電流のバランスが局所的に崩れ、薄い絶縁膜に電荷蓄積が発生し、この蓄積された電荷によって絶縁膜が破壊されるのである。

【0013】ところで、ヘリコン波方式はECR方式に比べて比較的弱い磁場でも動作するため、例えば図6に示すように、真空容器31の周辺に設けたコイル39に直流電流を流すことによってカスプ磁界を形成し、基板近傍における垂直磁界をほぼゼロにすることによって、絶縁膜の損傷をある程度抑えることは可能である。しかし、このような方法を用いようとすると、装置が大きくなり、排気能力の低下、ダストの増大等の別の問題を引き起こすという問題がある。

【0014】また、図4、図5に示した従来の方式では、大型基板への対応が困難であるという問題点がある。これは、大面积に対して均一なプラズマ形成が難しいからであるが、その実現にあたっては真空容器内の磁界分布や、放電管の設計に多大の労力を必要とする。

【0015】本発明は、このような従来の問題点に鑑み、比較的高真空においても高密度プラズマを発生することができ、また低ダメージでかつ大型基板にも容易に対応できるコンパクトなヘリコン波プラズマ処理方法及び装置を提供することを目的としている。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願の第1発明のヘリコン波プラズマ処理方法は、真空容器内の電極上に基板を載置し、真空容器内の基板と対向する壁面の近傍に閉じ込められた静磁界を形成した状態で高周波電磁界を印加してヘリコン波プラズマを形成し、基板を処理することを特徴とする。

【0017】具体的な方法としては、真空容器内の電極上に基板を載置し、真空容器に基板と対向するように配

設された放電管とその周囲のヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルにてヘリコン波プラズマを発生させて基板を処理するヘリコン波プラズマ処理方法において、複数の放電管とその周囲のヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを用い、複数の静磁界発生用コイルの内少なくとも1つのコイルにより発生される静磁界の向きを他のコイルにより発生される静磁界の向きと逆向きにすることを特徴とする。

【0018】また、本願の第2発明のヘリコン波プラズマ処理装置は、真空容器内に基板を載置する電極を配設し、真空容器の基板に対向する壁面に複数の放電管を配設し、各放電管の周囲にヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを設け、複数の静磁界発生用コイルの内少なくとも1つのコイルにより発生する静磁界の向きが他のコイルより発生する静磁界の向きと逆向きにしたことを特徴とする。

【0019】好適には、基板を載置する電極に高周波電圧を印加する手段が設けられる。

【0020】

【作用】本発明のヘリコン波プラズマ処理方法及び装置によれば、真空容器内の基板と対向する壁面の近傍に閉じ込められた静磁界を形成した状態でヘリコン波プラズマを形成しているので、基板近傍における静磁界を小さくでき、よって比較的高真空において高密度プラズマを発生しながら、基板上での不均一磁界による絶縁膜破壊の発生を無くすことができ、低ダメージで処理することができる。

【0021】また、複数の放電管とその周囲のヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを用いるとともに、それらの静磁界発生用コイルの内、少なくとも1つのコイルによって得られる静磁界の向きを他のコイルによって得られる静磁界の向きと逆向きにして、コイル近傍に閉じ込められた静磁界を形成することにより、放電管と基板との距離をかなり小さくしても基板近傍における静磁界を比較的小さくでき、コンパクトな構成のヘリコン波プラズマ処理装置を実現することができる。

【0022】また、真空容器内の磁界分布や放電管の設計に多大の労力を投入しなくても、処理面積に応じて放電管、ヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを増設するだけで大面积処理が可能であり、大型基板に対応することができるヘリコン波プラズマ処理装置を実現することができる。

【0023】

【実施例】以下、本発明の一実施例のヘリコン波プラズマ処理装置について図1、図2を参照して説明する。

【0024】図1において、真空容器1内に基板3を載置するための電極2が設けられている。電極2は電極用高周波電源4に接続されており、基板3へ入射するイオンのエネルギーを制御できるように構成されている。真空容器1には、基板3に対向して複数の放電管5が設け

られており、各放電管5の周囲にヘリコンアンテナ6及び静磁界発生用コイル7が設けられている。各ヘリコンアンテナ6に対してアンテナ用高周波電源8により高周波電力が供給される。

【0025】真空容器1内にガスを導入しつつ排気を行って放電管5内を適当な圧力に保ちながら、アンテナ用高周波電源8によりヘリコンアンテナ6に対して高周波電力を投入すると、放電管5及び真空容器1内にプラズマが発生する。

【0026】なお、静磁界発生用コイル7の内、内側のコイル7aには、基板3に向かう静磁界が発生するような電流を流し、逆に外側のコイル7bには、基板3と逆方向に向かう静磁界が発生するような電流を流すようとする。

【0027】図2にこの実施例における真空容器1内の静磁界の分布を示す。図2から分かるように、静磁界発生用コイル7の内、内側のコイル7aに直流電流を流すことによって得られる静磁界の向きが、外側のコイル7bに直流電流を流すことによって得られる静磁界の向きと逆向きであるため、静磁界が放電管5の近傍空間に閉じ込められる。したがって、放電管5と基板3との距離がかなり小さくても基板3近傍における静磁界は比較的小さくなる。よって、比較的高真空において高密度プラズマを発生することができ、しかも真空容器1の周辺にカスプ磁界を発生するコイル等を配置しなくとも、低ダメージで基板を処理することができ、コンパクトに構成できる。

【0028】また、処理面積に応じて放電管、ヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを増設するだけで大面積処理が可能であり、真空容器1内の磁界分布や放電管5の設計に多大の労力を投入しなくても、大型基板に対処することができる。

【0029】放電管5の具体的な構成は、上記実施例に限定されるものではない。例えば、放電管の形状、個数、あるいは配置状態は任意に変更することができる。

【0030】また、真空容器1の形状も、円筒形である場合を例示したが、他の形状、例えば直方体である場合にも適用可能であり、その場合にも放電管構成については種々のものが考えられる。

#### 【0031】

【発明の効果】本発明のヘリコン波プラズマ処理方法及び装置によれば、以上の説明から明らかなように、真空容器内の基板と対向する壁面の近傍に閉じ込められた静磁界を形成した状態でヘリコン波プラズマを形成しているので、基板近傍における静磁界を小さくでき、よって比較的高真空において高密度プラズマを発生しながら、基板上での不均一磁界による絶縁膜破壊の発生を無くすことができ、低ダメージで処理することができる。

【0032】また、複数の放電管とその周囲のヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを用いるとともに、それらの静磁界発生用コイルの内、少なくとも1つのコイルによって得られる静磁界の向きを他のコイルによって得られる静磁界の向きと逆向きにして、コイル近傍に閉じ込められた静磁界を形成することにより、放電管と基板との距離をかなり小さくしても基板近傍における静磁界を比較的小さくでき、コンパクトな構成のヘリコン波プラズマ処理装置を実現することができる。

【0033】また、真空容器内の磁界分布や放電管の設計に多大の労力を投入しなくとも、処理面積に応じて放電管、ヘリコンアンテナ及び静磁界発生用コイルを増設するだけで大面積処理が可能であり、大型基板に対処することができるヘリコン波プラズマ処理装置を実現することができる。

【0034】かくして、本発明によれば、ドライエッチング、スペッタリング、プラズマCVD等のプラズマ処理装置において、比較的高真空においても高密度プラズマを発生させることができるとともに低ダメージで、かつ大型基板にも容易に対応できるコンパクトなヘリコン波プラズマ処理装置を提供することができる。

【0035】また、基板を載置する電極に高周波電圧を印加する手段を設けることにより、基板に入射するイオンのエネルギーを制御することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のヘリコン波プラズマ処理装置の一実施例の概略構成図である。

【図2】同実施例における静磁界の分布の説明図である。

【図3】従来例の平行平板型プラズマ処理装置の概略構成を示す斜視図である。

【図4】従来例のECR方式プラズマ処理装置の概略構成図である。

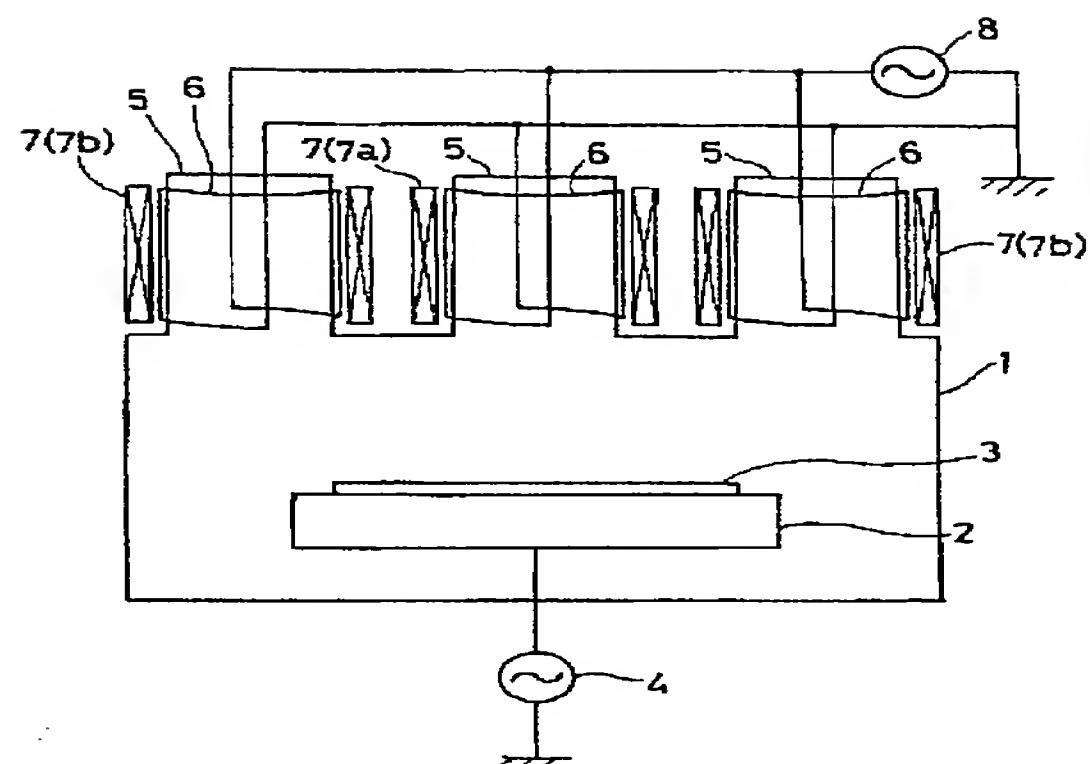
【図5】従来例のヘリコン波プラズマ処理装置の概略構成図である。

【図6】従来例の低ダメージのヘリコン波プラズマ処理装置の概略構成図である。

#### 【符号の説明】

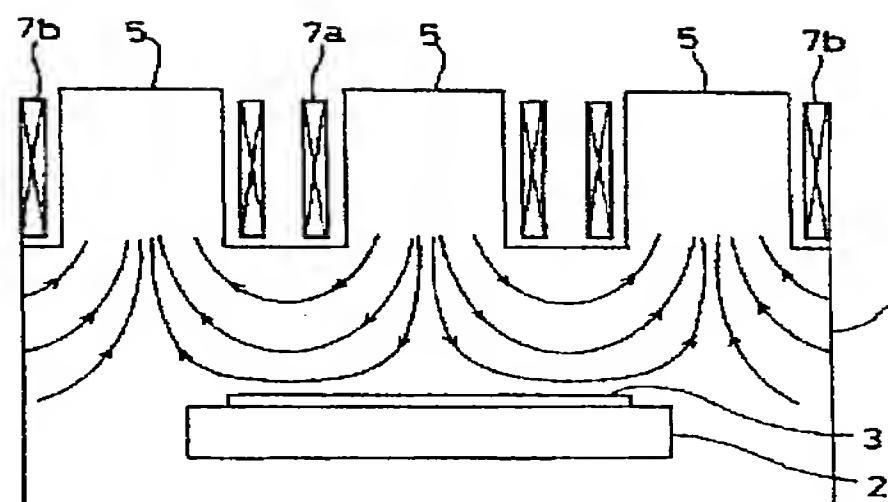
- 1 真空容器
- 2 電極
- 3 基板
- 4 電極用高周波電源
- 5 放電管
- 6 ヘリコンアンテナ
- 7 静磁界発生用コイル
- 7a 内側のコイル
- 7b 外側のコイル
- 8 アンテナ用高周波電源

【図1】

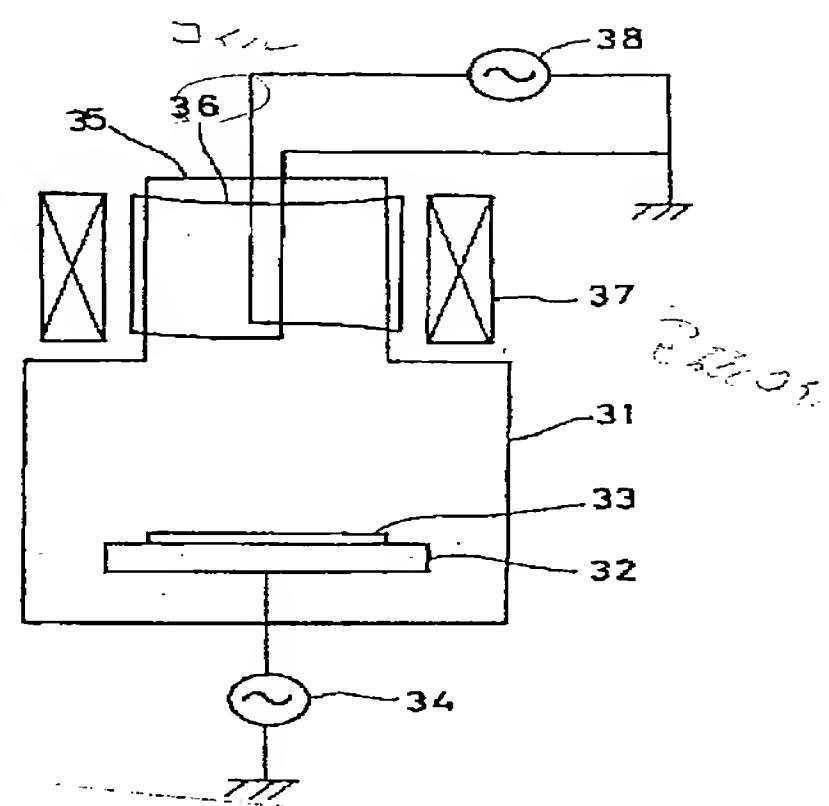


1…真空容器  
2…導管  
3…基板  
4…基板用高周波電源  
5…放電管  
6…ヘリコントロイル  
7…静磁界発生用コイル  
8…アンテナ用高周波電源

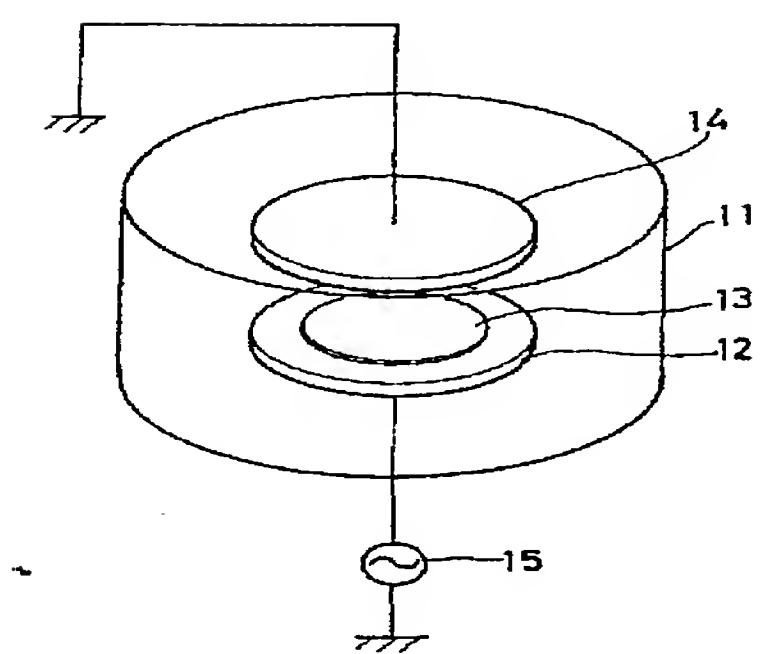
【図2】



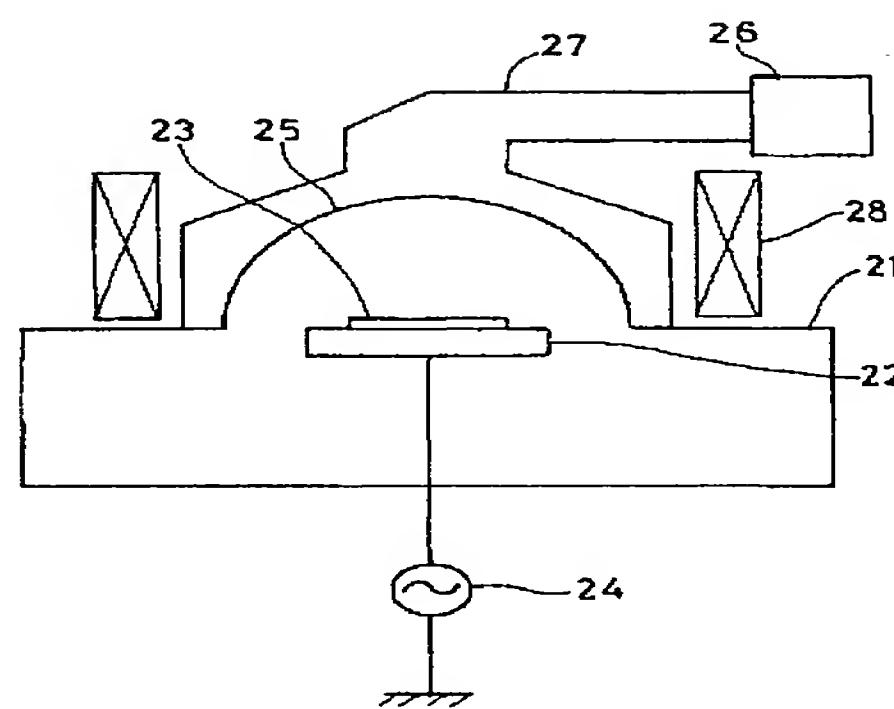
【図5】



【図3】



【図4】



【図6】

